ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 AOUT 1903,

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT GAUDRY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Piles à plusieurs liquides différents avec électrodes métalliques identiques*, par M. Berthelot.

« J'ai montré quelles relations existent, d'après l'expérience et d'après les hypothèses de la théorie, entre les forces électromotrices des éléments de piles à électrodes métalliques différentes, constituées par 1, 2, 3, ..., *n* liquides concentriques ou consécutifs. Je vais exposer d'autres expériences sur les éléments de piles à plusieurs liquides, terminés par des électrodes identiques, et comparer les données observées avec la théorie.

» Lorsque les électrodes sont identiques, il n'y a pas en principe de différence de potentiel dans un élément renfermant un liquide unique; mais seulement dans les éléments constitués par 2, 3, 4, 5, ... liquides séparés, de composition différente. J'examinerai cette fois seulement les éléments dans lesquels les deux liquides distincts et terminaux, c'est-à-dire en contact avec les électrodes métalliques, sont les mêmes. J'ai opéré avec trois métaux : zinc, cuivre, platine. Toutes les dissolutions possèdent des concentrations équivalentes : $1^{mol} = 5^{l}$ pour les corps monovalents, $1^{mol} = 10^{l}$ pour les corps divalents.

I.

» Soient d'abord les éléments terminés par deux sels chimiquement neutres, tels que :

» 1° Le sulfate de zinc et le sulfate de soude : $SO^4Zn = A$; $SO^4Na^2 = B$; C, D, E ... répondent à SO^4H^2, SO^4Cu, BO^3H^3, NaOH, etc.

» (1) *Éléments à deux liquides :* AB. — On a trouvé :

Électrodes ZnZn : $0^{volt},00$. CuCu : $0^{volt},03$. PtPt : $0^{volt},06$.

» (II) *Éléments à trois liquides :* ACB. — Mêmes contacts entre électrodes et liquides :

	$C = SO^4H^2$.	$C = SO^4Cu$.	$C = BO^3H^3$.	$C = NaOH$.
ZnZn :	0,01	0,00	0,02	0,00
CuCu :	0,05	0,08	0,005	0,03
PtPt :	0,05	0,05	0,03	0,05

» (III) *Éléments à quatre liquides :* ACDB.

	$CD = SO^4Cu.SO^4H^2$.	$CD = SO^4H^2.NaOH$.
ZnZn :	0,07	0,00
CuCu :	0,04	0,01
PtPt :	»	0,08

» 2° Sulfate de zinc et sulfate de cuivre. $SO^4Zn = A$; $SO^4Cu = B$.

» (I) *Éléments à deux liquides :* AB

ZnZn : $0^{volt},01$. CuCu : $0^{volt},07$. PtPt : $0^{volt},02$.

» (II) *Éléments à trois liquides :* ACB.

	$C = SO^4Na^2$.	$C = SO^4H^2$.	$C = BO^3H^3$.
ZnZn :	0,02	0,03	0,10
CuCu :	0,08	0,04	0,05
PtPt :	0,08	0,07	0,05

» (III) *Éléments à quatre liquides :* ACDB.

	$CD = SO^4Na^2.SO^4H^2$.	$DC = SO^4H^2.SO^4Na^2$.	$CD = SO^4Na^2.BO^3H^3$.	$CD = Borax.BO^3H^3$.
ZnZn :	0,01	0,03	0,03	0,02
CuCu :	0,05	0,02	0,10	0,08
PtPt :	0,06	0,06	0,07	0,00

	$DC = BO^3H^3.Borax$.	$CD = SO^4H^2.NaOH$.
ZnZn :	0,03	0,01
CuCu :	0,04	0,07
PtPt :	0,015	»

» (IV) *Éléments à cinq liquides :* ACDEB.

	$CDE = SO^4H^2.NaOH.SO^4Na^2$.	$EDC = SO^4Na^2.NaOH.SO^4H^2$.
ZnZn :	0,07	0,05
CuCu :	0,11	0,04
PtPt :	0,04	0,015

» Il convient de remarquer ici que le sulfate de cuivre mis en rapport avec une électrode de zinc donne bientôt lieu à une précipitation du métal et à une polarisation progressive, qui trouble les mesures ultérieures.

» 3° Je supprime, pour abréger, les éléments terminés par $SO^4Cu = A$;

SO^4Na^2 = B, avec 2, 3, 4, 5 liquides, lesquels ont fourni des résultats analogues aux précédents.

» Avant d'examiner les éléments terminés par un acide, ou par un alcali, résumons les indications des Tableaux précédents. Ce qui frappe d'abord, c'est la petitesse générale des forces électromotrices (ou plutôt des différences de potentiel).

» Dans certains cas même, — où elles sont à peu près nulles, ou très voisines de zéro, — le signe électrique s'intervertit au bout de quelques minutes. Je rappellerai d'ailleurs que ces mesures répondent à la période initiale des phénomènes, à partir du moment où l'imbibition de la paroi poreuse est devenue régulière; la polarisation et le changement de composition résultant des échanges accomplis au travers de cette paroi ne tardent pas à troubler ce premier équilibre relatif, dans un grand nombre de cas.

» Quoi qu'il en soit, durant la période initiale que je viens de définir, les valeurs observées sont très faibles.

» Il doit en être ainsi, en effet, d'après l'interprétation que j'ai donnée (ce Volume, p. 292) des valeurs considérables et différant notablement entre elles de la force électromotrice observable avec un élément terminé par deux électrodes métalliques différentes, valeurs qui se retranchent l'une de l'autre.

» Ces valeurs sont à peu près proportionnelles à la différence des chaleurs d'oxydation des deux métaux. Dès lors, dans le cas où le métal des deux électrodes est identique, les différences des deux potentiels devraient être nulles; ou, du moins, ne manifester que de petites inégalités, attribuables, en partie, aux différences d'état entre les échantillons d'un même métal, et surtout à la diversité des deux liquides neutres, A, B, mis en contact avec le métal M.

» Dans les exemples cités, les ions acides de ces deux liquides (SO^4) sont d'ailleurs les mêmes; mais cette condition n'est pas nécessaire.

» Quant aux liquides intermédiaires entre les extrêmes C, D, E, F, la somme de leurs influences a été trouvée faible; même dans le cas où il s'agit d'un alcali, tel que NaOH : en contact avec un acide auquel il se combine; ou bien avec un sel métallique dont il précipite l'oxyde, comme SO^4Cu. Bien entendu ceci s'applique seulement aux premiers instants du contact, avant que la composition des deux liquides et les matières contenues dans la paroi poreuse aient été notablement modifiées.

» Avant d'aller plus loin, il est essentiel d'établir que *la presque identité*

des potentiels totaux observés avec les piles à 2, 3, 4, 5 liquides, terminées par les mêmes liquides, en contact avec les mêmes électrodes, *n'implique nullement que les potentiels individuels développés aux contacts des liquides intermédiaires, pris deux à deux, soient nuls ou très petits. En fait, cette identité résulte des compensations,* attribuables pour la plupart à la loi des contacts, et conformément aux développements donnés à cet égard dans mes Notes précédentes. C'est ce que je vais préciser.

» Soient, en effet, M | A.B | M un élément formé par deux liquides différents et séparés, A et B, compris entre deux électrodes du même métal M;

» M | ACB | M un élément formé par trois liquides A, C, B;

» M | ACDB | M; M | ACDEB | M un élément à 4 et 5 liquides.

» Les sommes des potentiels respectifs seront :

$$\overline{MA} + \overline{BM}\ (\text{entre métaux}) + \begin{cases} \underline{AB}\ (2\ \text{liquides}), \\ \underline{AC} + \underline{CB} = \underline{AB}\ (3\ \text{liquides}), \\ \underline{AC} + \underline{CD} + \underline{DB} = \underline{AB}\ (4\ \text{liquides}), \\ \underline{AC} + \underline{CD} + \underline{DE} + \underline{EB} = \underline{AB}\ (5\ \text{liquides}). \end{cases}$$

» Ces égalités résultent, bien entendu, d'une hypothèse non évidente *a priori,* d'après laquelle la loi des contacts serait supposée applicable aux chaînes de liquides différents. Les potentiels AB, AC, etc., peuvent avoir des valeurs quelconques; mais on voit que leurs sommes se réduisent au chiffre extrême, par suite des compensations.

II.

» Examinons maintenant un élément terminé à l'un de ses pôles par un acide, et à l'autre pôle par un sel neutre.

» 1° $SO^4H^2 = A$; $SO^4Na^2 = B$.

» (I) Deux liquides AB :

ZnZn : 0,11. CuCu : 0,06. Pt : 0,18.

» (II) Trois liquides ACB :

	$C = SO^4Zn$.	$C = SO^4Cu$.
ZnZn	0,06	0,12
CuCu	0,01	0,05
PtPt	0,26	0,20

» 2° $SO^4H^2 = A$; $SO^4Zn = B$.

» (I) Deux liquides AB :

ZnZn : 0,08. CuCu : 0,08. PtPt : 0,08.

» (II) Trois liquides ACB :

	$C = SO^4Cu$.	$C = SO^4Na^2$.
ZnZn	0,03	0,11
CuCu	0,00	0,04
PtPt	0,08	0,10

» 3° $SO^4H^2 = A$; $SO^4Cu = B$.

» (I) Deux liquides AB :

ZnZn : 0,02. CuCu : 0,06. PtPt : 0,11.

» (II) Trois liquides ACB :

	$C = SO^4Zn$.	$C = SO^4Na^2$.	$C = NaOH$.
ZnZn	0,12	0,11	0,08
CuCu	0,13	0,13	0,09
PtPt	0,18	0,17	0,11

» 4° $SO^4Zn = A$; $BO^3H^3 = B$.

» (I) Deux liquides AB (¹) :

ZnZn : 0,01. CuCu : 0,04. Pt : 0,02.

» (II) Trois liquides ACB, $C = SO^4Na^2$ (¹) :

ZnZn : 0,03. CuCu : 0,02. PtPt : 0,02.

» (III) Quatre liquides :

	$CD = SO^4Cu.SO^4H^2$.	$CD = SO^4Na^2SO^4Cu$.	$CD = SO^4CuSO^4Na^2$.
ZnZn	0,02	0,03	0,02
CuCu	0,02	0,002	0,005
PtPt	0,002	0,02	0,02

» D'après ces Tableaux, l'acide borique, acide faible, et le sulfate de zinc ou de cuivre, étant liquides terminaux, leur influence sur la valeur absolue du potentiel est analogue à celle des sels neutres, c'est-à-dire presque nulle. Mais il en est autrement, en fait, pour l'acide sulfurique, les différences de potentiel étant alors accrues, sans cependant acquérir des valeurs excessives. Elles le sont particulièrement avec les électrodes de platine.

(¹) Mêmes valeurs sensiblement avec les systèmes $SO^4Cu.BO^3H^3$ et $SO^4Na^2.BO^3H^3$.

» Les écarts entre les groupes à deux liquides et à trois liquides sont ici plus marqués que dans les Tableaux précédents. Cette divergence résulte en majeure partie de la difficulté d'écarter les complications attribuables au mélange des liquides, à travers la paroi poreuse. En effet, j'ai reconnu par des essais spéciaux que la moindre trace d'acide sulfurique, ou d'un acide fort, ajoutée à un sel neutre, fait varier la force électromotrice bien plus rapidement que l'addition des sels neutres en faible proportion.

III.

» Soit maintenant un élément constitué par un sel neutre et un alcali.

» 1° $SO^4Na^2 = A$; $NaOH = B$.

» (I) Deux liquides AB :

ZnZn : 0,34. CuCu : 0,19. PtPt : 0,41.

» (II) Trois liquides ACB :

	$C = SO^4Zn$.	$C = SO^4Cu$.	$C = SO^4H^2$.
ZnZn	0,32	0,32	0,35
CuCu	0,19	0,20	0,20
PtPt	0,28	0,34	0,22

» 2° $SO^4Zn = A$; $NaOH = B$.

» (I) Deux liquides AB :

ZnZn : 0,34. CuCu : 0,21. PtPt : 0,31.

» (II) Trois liquides ACB :

	$C = SO^4Cu$.	$C = SO^4Na^2$.	$C = SO^4H^2$.
ZnZn	0,34	0,32	0,28
CuCu	0,20	0,19	0,18
PtPt	0,38	0,31	0,39

» 3° $SO^4Cu = A$; $NaO = B$.

» (I) Deux liquides AB :

ZnZn : 0,33. CuCu : 0,26. PtPt : 0,19.

» (II) Trois liquides ACB :

	$C = SO^4Zn$.	$C = SO^4Na^2$.	$C = SO^4H^2$.
ZnZn	0,33	0,34	0,35
CuCu	0,25	0,27	0,28
PtPt	0,40	0,38	0,39

» On voit d'abord que les valeurs trouvées sont à peu près les mêmes pour les systèmes terminés par les mêmes liquides, dans chacun des trois groupes à deux et trois liquides envisagés séparément.

» En outre, la comparaison des trois groupes entre eux fournit des valeurs d'ordinaire fort voisines. Mais, contrairement à ce qui a été observé pour les systèmes où les électrodes sont en contact avec deux solutions salines, les potentiels observés cette fois ont des valeurs notables. Avec les électrodes de zinc, ils sont voisins d'un tiers de volt, ce qui correspond à 8^{Cal} environ; avec les électrodes de cuivre, ils sont voisins d'un quart à un cinquième de volt, ce qui correspond à 5^{Cal} ou 6^{Cal}. Avec les électrodes de platine, ils ont oscillé entre un et deux cinquièmes de volt, chiffres correspondant à 5^{Cal} et 9^{Cal}. Le contact d'un alcali avec les métaux mis en œuvre exerce donc une influence toute particulière.

» Je suis porté à attribuer cette influence à la relation électrochimique spéciale qui existe entre les oxydes de ces métaux : zinc, cuivre, platine notamment et la base alcaline. En effet, les oxydes des métaux mis en présence des acides tendent à former des sels, dans lesquels les oxydes jouent le rôle électropositif au point de vue chimique; et ce rôle subsiste d'ordinaire vis-à-vis des sels neutres. Au contraire, ces mêmes oxydes, ceux de zinc et de platine en particulier, mis en présence des alcalis, tels que la soude, tendent à former des sels dans lesquels les oxydes métalliques jouent le rôle d'acide, c'est-à-dire le rôle électronégatif, au point de vue chimique. Il en résulte que, dans les éléments de pile envisagés ici, les deux électrodes, l'une étant mise en présence d'un sel neutre, l'autre en présence de la soude, tendent à ajouter, dans une certaine mesure, leurs potentiels; au lieu de les retrancher, comme dans les cas où le rôle électrochimique des métaux qui constituent les deux électrodes est le même. Ainsi, dans ce dernier cas, la différence des deux potentiels tend à devenir nulle; tandis que, dans le cas d'un alcali, il en est autrement.

IV.

» Opposons un acide libre à une base libre, vis-à-vis de deux électrodes métalliques identiques, dans un même élément de pile.

» Acide sulfurique et soude : $SO^4H^2 = A$; $NaOH = B$.

» (I) Deux liquides AB :

ZnZn : 0,23. CuCu : 0,13. Pt : 0,60.

» (II) Trois liquides ACB :

	$C = SO^4Zn$.	$C = SO^4Cu$.	$C = SO^4Na^2$.
ZnZn :	0,20	0,20	0,19
CuCu :	0,11	0,09	0,12
PtPt :	0,53	0,56	0,52

» (III) Quatre liquides ACDB :

	$CD = SO^4Zn.SO^4Na^2$.	$CD = SO^4Cu\,SO^4Na^2$.
ZnZn :	0,23	0,19
CuCu :	0,13	0,13
PtPt :	0,57	0,50

» La relation fondamentale entre les piles formées de différents liquides séparés est ici vérifiée. Mais les valeurs observées sont considérables; ce qui se rattache évidemment à la réunion des deux influences, exercées l'une à un pôle par l'acide, l'autre à l'autre pôle par l'alcali : influences qui tendent à s'ajouter. Je ne veux pas entrer ici dans la discussion des hypothèses que l'on pourrait faire à cet égard, pour préciser davantage le calcul des forces électromotrices. Je me bornerai à constater une fois de plus la vérification expérimentale, dans les conditions chimiques les plus diverses, de la loi des contacts, en tant qu'applicable aux chaînes liquides.

V.

» L'étude du dernier groupe des liquides étudiés dans le présent Mémoire nous ramène à la relation que j'ai signalée au début de ces études entre les forces électromotrices des trois éléments constitués, l'un par la réaction d'un acide sur une base donnant lieu à un sel, les autres par les réactions de ce sel sur son acide et sur sa base séparément :

$$E = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \tag{1}$$

et plus généralement par la réaction de deux liquides entre eux et sur le produit de leur action réciproque.

» Cette équation peut être envisagée à divers points de vue et notamment à celui des chaînes liquides qui interviennent dans la mesure des quantités E, ε_1, ε_2.

» Soient trois liquides séparés A, B, C et des électrodes constituées par un même métal M; on peut former trois éléments de pile avec les liquides

précédents, pris deux à deux selon l'ordre suivant :

$$M|A.B|M; \quad M|A.C|M; \quad M|C.B|M.$$

» En admettant la loi des contacts pour les liquides, on obtient entre les potentiels du premier élément et ceux des deux autres éléments, disposés comme ci-dessus, la relation

$$E = \varepsilon_1 + \varepsilon_2;$$

car

$$\overline{MA} + \overline{BM} + \underline{AB} = \overline{MA} + \overline{CM} + \overline{MC} + \overline{BM} + \underline{AC} + \underline{CB}.$$

» Or

$$\overline{CM} + \overline{MC} = 0; \qquad \underline{AC} + \underline{CB} = \underline{AB}.$$

» Les expériences relatives à la relation signalée plus haut peuvent donc être regardées comme fournissant une démonstration de la loi des contacts, en tant qu'applicable aux chaînes liquides.

» Cependant, ainsi que j'ai eu occasion de le faire observer à diverses reprises et de le démontrer par mes mesures d'intensité et mes expériences d'électrolyses extérieures à la pile, l'égalité entre les deux termes de l'équation (1) s'applique uniquement aux potentiels électriques, mais non aux quantités de chaleurs dégagées de part et d'autre et au travail extérieur accompli par les trois éléments. Toutes les fois que E répond à une réaction exothermique, telle que : la combinaison d'un acide et d'une base; ou l'action réciproque de deux sels formant immédiatement un sel double très stable à l'état ordinaire; ou bien encore une réaction oxydante ou réductrice, accomplie presque instantanément au contact des deux liquides; j'ai constaté que l'énergie intérieure correspondant à cette réaction et entretenue par elle est susceptible d'intervenir, non seulement pour produire de la chaleur, mais aussi pour se transmettre en partie au dehors sous la forme d'un courant électrique, qui développe un travail électrolytique continu, extérieur à la pile : tandis que les réactions ε_1 et ε_2 (action d'un sel neutre sur un acide, ou sur une base, etc.), — à résultante thermique presque nulle, sinon même négative, — puisent dans le milieu ambiant les énergies qui entretiennent les potentiels de la pile qu'elles concourent à former. Par conséquent, elles ne sont pas susceptibles d'entretenir un travail électrolytique extérieur; et celui-ci ne tendra à se produire que

suivant la proportion, extrêmement faible, qui répond à l'emmagasinement continu de ces énergies extérieures.

» Dans le premier élément (acide + base), au contraire, le travail extérieur est entretenu en raison de l'énergie fournie en un temps donné et d'une façon continue par la réaction chimique. En étudiant les réactions oxydantes en particulier, j'ai montré que l'on réalise ainsi, au moyen de l'énergie fournie par le contact des deux liquides, accompli en dehors des électrodes métalliques, on réalise ainsi, dis-je, dans plusieurs cas, des piles qui travaillent en conservant une force électromotrice constante; c'est-à-dire qui possèdent les mêmes caractères que les piles ordinaires, où la force électromotrice est fournie surtout par la réaction chimique accomplie entre une électrode métallique et le liquide où celle-ci est plongée. Ce sont là, je le répète, des circonstances capitales au point de vue de la théorie. »

M. **Alfred Picard** fait hommage à l'Académie du quatrième Volume de son Rapport général concernant l'Exposition universelle de 1900.

« Ce Volume est presque exclusivement consacré à l'organisation et aux traits caractéristiques des groupes et des classes de la Section française, y compris les colonies et pays de protectorat.

» Tous les membres de l'Académie des Sciences l'ayant reçu ou devant le recevoir incessamment, M. Picard croit inutile d'en faire l'analyse, mais il considère comme un devoir de rendre hommage à ceux de ses éminents Confrères qui, élus présidents de groupe ou de classe, ont bien voulu accepter ce mandat, le remplir avec tant d'éclat, et contribuer pour une si large part au brillant succès de la Section française : le regretté M. Faye (classe de la Géographie, de la Cosmographie et de la Topographie); M. d'Arsonval (classe des applications diverses de l'Électricité); M. le colonel Laussedat (groupe des instruments et procédés généraux des Lettres, des Sciences et des Arts; classe des Instruments de précision); M. Marey (classe de la Photographie); M. Mascart (groupe de l'Électricité; classe de la production et de l'utilisation mécaniques de l'Électricité); M. Moissan (classe de l'Électrochimie); M. Potier (classe de l'Éclairage électrique); M. Prillieux (classe des Insectes utiles ou nuisibles); M. Sarrau (classe de l'Aérostation); M. Troost (classe des Arts chimiques et de la Pharmacie). »

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, plusieurs Mémoires de M. le professeur *G. Capellini* et notamment des travaux sur les Baleines fossiles trouvées en Italie. (Présentés par M. Albert Gaudry.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon (équatorial Brünner de* $0^{m},16$*) pendant le deuxième trimestre de* 1903. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. Mascart.

« Il y a eu 67 jours d'observation dans ce trimestre; les principaux faits qui en résultent sont les suivants :

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Avril 1903. — 0,09.			
28-6	8	2,0	−16		164
3-14	11	8,7	−19		301
7-8	2	9,9		+23	13
11	1	12,4	−21		10
8-13	6	13,5		+20	10
25-26	2	21,8		+21	5
27-28	2	23,1		+22	27
18-20	2	23,6		+23	7
20	1	23,8	−17		6
24	1	25,7		+11	3
24-27	2	27,8	−16		4
24-2	8	28,7	−14		53
30-5	3	29,0	−20		16
24-2	8	29,4		+20	153
	22 j.		−17°,6	+20°,0	
		Mai. — 0,23.			
26-5	7	2,1		+16	87
30-1	2	6,3	−20		8
2-5	2	8,3	−15		9
7	1	11,1	−20		4
		Mai 1903 (suite).			
12-15	4	17,5		+17	8
16-22	6	22,3	−30		24
25-27	3	23,3		+15	41
30	1	24,9		+17	14
20-16	7	25,6		+18	38
	26 j.		−21°,3	+16°,6	
		Juin. — 0,26.			
8	1	4,4	−17		4
5	1	7,1		+22	11
11-16	3	10,7	−21		21
12	1	12,1	−14		4
8	1	13,1	−15		13
15	1	19,0	−30		3
20-23	3	19,8	−25		26
15-27	10	21,6		+20	56
16-27	9	23,0		+21	78
18-20	2	23,7		+20	3
1-3	3	30,8	−22		11
	19 j.		−20°,6	+20°,8	

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1903.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril......	»	»	1	6	»	7	7	»	3	4	»	»	14	772
Mai.......	»	»	1	3	»	4	5	»	5	»	»	»	9	233
Juin.......	»	»	4	3	»	7	4	»	2	2	»	»	11	230
Totaux..	»	»	6	12	»	18	16	»	10	6	»	»	34	1235

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1903.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril.....	3	1	4	4	1	13	17	1	4	7	2	3	30	15,9
Mai.......	2	3	2	6	1	14	10	»	5	3	2	»	24	14,2
Juin.......	2	3	9	5	»	19	12	1	3	6	2	»	31	15,9
Totaux..	7	7	15	15	2	46	39	2	12	16	6	3	85	46,0

» *Taches.* — Le nombre des groupes de taches enregistrés est double de celui du trimestre précédent (voir *Comptes rendus*, t. CXXXVI, p. 994), soit 34 groupes au lieu de 17, mais leur surface totale n'a augmenté que d'un tiers environ; on a, en effet, 1235 millionièmes au lieu de 751.

» En ce qui concerne leur répartition entre les deux hémisphères, le nombre des groupes a augmenté de 10 au sud (18 au lieu de 8) et de 7 au nord (16 au lieu de 9)

» Le groupe le plus important a traversé le disque solaire du 1er au 15 avril, à 19° de latitude australe; il a occupé, dans son plus grand développement, une surface de 400 millionièmes de l'aire de l'hémisphère visible. Sa tache principale a atteint la limite de visibilité à l'œil nu; elle était accompagnée d'autres très petites, et entourée de belles facules.

» D'autre part, le nombre des jours où le Soleil a été vu sans taches est de 13, d'où résulte un nombre proportionnel de 0,19, légèrement plus faible que le nombre obtenu (0,22) dans le trimestre précédent.

» *Régions d'activité.* — Le nombre des groupes de facules a diminué de 5 au sud de l'équateur (46 au lieu de 51) et augmenté de 8 au nord (39 au lieu de 31); au total, on a noté 3 groupes de plus que dans le premier trimestre (85 au lieu de 82).

» Leur surface totale a augmenté d'un quart environ, soit 46,0 millièmes au lieu de 32,1. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de S. Lie.* Note de M. N. SALTYKOW.

« Considérons le système de q équations en involution

$$(1)\qquad f_k(x_1, x_2, \ldots, x_n, p_1, p_2, \ldots, p_n) = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, q),$$

$p_1, p_2, \ldots, p_n$ désignant les dérivées partielles $\frac{\partial z}{\partial x_1}, \frac{\partial z}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial z}{\partial x_n}$, et le déterminant fonctionnel

$$\mathrm{D}\left(\frac{f_1, f_2, \ldots, f_q}{p_1, p_2, \ldots, p_q}\right)$$

étant distinct de zéro. Supposons que le système linéaire complet

$$(2)\qquad (f_k, f) = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, q)$$

admette r intégrales distinctes

$$(3)\qquad f_1, f_2, \ldots, f_q, f_{q+1}, \ldots, f_r \qquad (r < 2n - q),$$

telles que les parenthèses de Poisson formées de chaque paire de ces dernières ne donnent plus de nouvelles intégrales du système (2). Les $r - q$ dernières intégrales (3) n'étant pas en involution, S. Lie a donné une méthode pour achever l'intégration des équations (2) et (1) [1]. Nous allons la présenter comme une généralisation de la théorie des équations canoniques. Commençons par chercher des fonctions $\Phi_1, \Phi_2, \ldots$ des quantités $f_1, f_2, \ldots, f_r$, en involution avec ces dernières. En désignant par α_{is} les parenthèses (f_{q+i}, f_{q+s}), formons le déterminant

$$\Delta = \begin{vmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \ldots & \alpha_{1,r-q} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \ldots & \alpha_{2,r-q} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ \alpha_{r-q,1} & \alpha_{r-q,2} & \ldots & \alpha_{r-q,r-q} \end{vmatrix}.$$

S'il est nul, ainsi que tous ses mineurs depuis le premier ordre jusqu'à l'ordre $\mu - 1$, le nombre des fonctions Φ est μ. Par conséquent, notre pro-

---

[1] S. LIE, *Math. Ann.*, Bd. VIII, p. 273; Bd. XI, p. 464.

blème revient à intégrer le système linéaire complet formé par les équations (2) et les suivantes

$$(4) \qquad (\Phi_i, f) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, \mu).$$

» Or comme on le sait, sans connaître les fonctions Φ_i, on forme sans difficulté un système équivalent à (4). De plus, le nombre $r - q - \mu$ étant pair [1], que nous désignerons par 2ρ, on parvient, par des intégrations successives, à un système complet des $n - \rho$ équations

$$(5) \quad (f_k, f) = 0 \quad (k = 1, 2, \ldots, q), \qquad B_i(f) = 0 \quad (i = 1, 2, \ldots, n - q - \rho),$$

admettant un système complet des $n + \rho$ intégrales indépendantes

$$(6) \qquad f_1, \quad f_2, \quad \ldots, \quad f_q, \quad f_{q+1}, \quad \ldots, \quad f_r, \quad f_{r+1}, \quad \ldots, \quad f_{n+\rho}$$

que l'on obtient, dans le cas le moins favorable, par un nombre des $n - q - \mu - \rho$ opérations d'intégration d'ordre

$$2n - 2q - 2\mu - 2\rho, \quad 2n - 2q - 2\mu - 2\rho - 2, \quad \ldots, \quad 4, \quad 2.$$

» Enfin, on obtient par une quadrature l'intégrale

$$(7) \qquad z - f_{n+\rho+1},$$

formant avec les équations (6) le système complet des intégrales du système remplaçant le système (5), quand on considère f comme fonction des variables x, p et z, les parenthèses de Poisson étant remplacées par celles de Weiler.

» Les fonctions Φ étant inconnues, nous résumons dans le seul théorème suivant toutes les considérations compliquées de S. Lie, relatives à l'intégration du système (2) :

» *Soient les équations* (5) *résolubles par rapport à* $\dfrac{\partial f}{\partial x_1}, \dfrac{\partial f}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial f}{\partial x_{n-\rho}}$. *En égalant les fonctions* (6) *et* (7) *à des constantes arbitraires* $b_1, b_2, \ldots, b_{n+\rho+1}$,

---

(1) Pour le démontrer, S. Lie introduit sa théorie de groupes. Or cette conclusion devient évidente, en remarquant qu'*un déterminant gauche symétrique peut ne pas s'annuler s'il n'est d'un ordre pair*.

on en tire

$$(8)\quad \left\{\begin{aligned} z &= \varphi(x_1, x_2, \ldots, x_{n-\rho}, b_1, b_2, \ldots, b_{n+\rho}) + b_{n+\rho+1},\\ x_{n-\rho+i} &= \varphi_i(x_1, x_2, \ldots, x_{n-\rho}, b_1, b_2, \ldots, b_{n+\rho}) \\ p_s &= \psi_s(x_1, x_2, \ldots, x_{n-\rho}, b_1, b_2, \ldots, b_{n+\rho}) \end{aligned}\right. \quad \begin{pmatrix} i = 1, 2, \ldots, \rho \\ s = 1, 2, \ldots, n \end{pmatrix},$$

le déterminant fonctionnel

$$\mathrm{D}\left(\frac{\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_\rho, \psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_n}{b_1, b_2, \ldots, \ldots, b_{n+\rho}}\right)$$

étant distinct de zéro. Cela posé, parmi les $n - q + \rho$ *équations*

$$(9)\qquad \frac{\partial\varphi}{\partial b_s} - \sum_{i=1}^{\rho} \frac{\partial\varphi_i}{\partial b_s}\psi_{n-\rho+i} = a_s \qquad (s = q+1, q+2, \ldots, n+\rho),$$

les a_s *étant des constantes arbitraires, il existe un système de* $n - q - \rho$ *équations distinctes résolubles par rapport à* $x_{q+1}, x_{q+2}, \ldots, x_{n-\rho}$. *Les résultats d'élimination de leurs premiers membres des valeurs* $b_1, b_2, \ldots, b_{n+\rho}$ *représentent les intégrales requises du système* (2).

» La démonstration de ce dernier théorème se fait d'une manière analogue, comme dans la première méthode de Jacobi.

» Enfin, le système complet des intégrales des équations (2) étant connu, l'intégrale complète du système (1) s'obtient sans difficulté.

» Le théorème énoncé présente un résultat très important, dont S. Lie a enrichi la théorie des équations étudiées, en indiquant en même temps un cas très général, quand l'intégration du système (2) s'achève par une quadrature. En effet, il est aisé de formuler le théorème suivant :

» *Le système* (2) *admettant* $n + \rho\,(\rho < n - q)$ *intégrales* (6), *telles que le déterminant correspondant* Δ *s'annule, ainsi que tous ses mineurs depuis le premier ordre jusqu'à l'ordre* $n - q - \rho - 1$, *l'intégration des équations* (2) *s'achève par une quadrature.*

» Le *théorème de Liouville généralisé* (*Comptes rendus* du 24 juillet 1899 : *Sur la théorie des équations aux dérivées partielles*) ne présente qu'un cas particulier de ce dernier théorème correspondant à $\rho = 0$; car, dans ce cas, le nombre des intégrales connues se réduisant à n, et tous les mineurs de Δ s'annulant, il s'ensuit que les intégrales données sont en involution. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales de Fourier-Cauchy*. Note de M. CARL STÖRMER.

« Nous avons, dans une précédente Communication [1], énoncé le théorème fondamental, que

$$\lim_{k=0} \mathrm{I}(k) = \mathrm{M}f(x_1, \ldots, x_n),$$

$\mathrm{M}f(x_1, \ldots x_n)$ étant ce que nous avons appelé *valeur moyenne sphérique* de $f(x_1, \ldots, x_n)$ au point $(x_1, \ldots, x_n)$.

» Ce n'est pas ici l'endroit de citer les nombreuses applications de ce résultat. Nous nous bornerons à signaler la conséquence suivante :

» Supposons $n = 3$, et le point (x_1, x_2, x_3) situé sur une *surface de discontinuité* pour la fonction $f(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$, de manière que cette fonction tende vers les valeurs A et B, selon que (ξ_1, ξ_2, ξ_3) tend vers le point (x_1, x_2, x_3) suivant un chemin situé de l'un ou de l'autre côté de cette surface. Alors, si la surface admet un plan tangent au point (x_1, x_2, x_3), on aura

$$\lim_{k=0} \mathrm{I}(k) = \frac{\mathrm{A} + \mathrm{B}}{2}.$$

» Si, au contraire, le point (x_1, x_2, x_3) est un point conique ordinaire, on aura

$$\lim_{k=0} \mathrm{I}(k) = \frac{p\mathrm{A} + q\mathrm{B}}{p + q},$$

quand le rapport des deux parties de la sphère ε' séparées par la surface de discontinuité tend vers $\frac{p}{q}$ lorsque ε tend vers zéro, etc.

» Le théorème que $\lim_{k=0} \mathrm{I}(k) = \mathrm{M}f(x_1, \ldots, x_n)$ donne un théorème important sur l'*intégrale de Fourier*

$$\mathrm{I}_0 = \frac{1}{(2\pi)^n} \mathrm{S}_{\mathrm{DE}}\, e^{\alpha_1(\xi_1 - x_1)i} \ldots e^{\alpha_n(\xi_n - x_n)i} f(\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n)\, de,$$

---

(1) *Comptes rendus*, séance du 17 août 1903, p. 408.

dans le cas où cette intégrale existe, étant définie comme intégrale définie généralisée ([1]).

» En effet, j'ai établi que si k tend vers zéro par valeurs positives, alors l'intégrale

$$\frac{1}{(2\pi)^n}\,\mathrm{S}_{\mathrm{DE}}\,e^{-k^2r^2}e^{\alpha_1(\xi_1-x_1)i}\ldots e^{\alpha_n(\xi_n-x_n)i}f(\xi_1,\xi_1,\ldots,\xi_n)\,de$$

tend vers ([2]) la valeur I_0 obtenue en y substituant directement $k=0$, c'est-à-dire que $\mathrm{I}_0=\lim\limits_{k=0}\mathrm{I}(k)$.

» *En combinant cela avec le résultat précédent, on aura donc ce résultat que*

$$\mathrm{I}_0=\mathrm{M}f(x_1,x_2,\ldots,x_n),$$

sous l'hypothèse de l'existence non seulement de l'intégrale de Fourier, mais aussi de la valeur moyenne sphérique de $f(\xi_1,\xi_2,\ldots,\xi_n)$ *au point* $(x_1,\ldots,x_n)$.

» Quant à la fonction analytique $\mathrm{I}(k)$, il y a encore des propriétés intéressantes à signaler à son sujet. En effet, comme $\mathrm{I}(k)$ est une fonction entière transcendante de $x_1,x_2,\ldots,x_n$, elle admet pour $k\neq 0$ des dérivées de *tous les ordres* par rapport à ces variables. Si k est à l'intérieur du domaine k, alors ces dérivées s'obtiennent en dérivant dans l'intégrale

$$\frac{1}{(2\pi)^n}\,\mathrm{S}_{\mathrm{DE}}\,e^{-k^2r^2}e^{i\alpha_1(\xi_1-x_1)}\ldots e^{i\alpha_n(\xi_n-x_n)}f(\xi_1,\xi_2,\ldots,\xi_n)\,de$$

sous le signe d'intégration ([3]), ce qui donne

$$\begin{aligned}&\frac{\partial^{\lambda+\mu+\ldots+\nu}}{\partial x_1^\lambda\,\partial x_2^\mu\ldots\partial x_n^\nu}\mathrm{I}(k)\\&\quad=\frac{1}{(2\pi)^n}\,\mathrm{S}_{\mathrm{DE}}\,e^{-k^2r^2}e^{\alpha_1(\xi_1-x_1)i}\ldots e^{\alpha_n(\xi_n-x_n)i}(i\alpha_1)^\lambda(i\alpha_2)^\mu\ldots(i\alpha_n)^\nu f(\xi_1,\xi_2,\ldots,\xi_n)\,de.\end{aligned}$$

» Si l'on fait brusquement $k=0$ au second membre, on n'obtient que l'intégrale *divergente :*

$$\frac{1}{(2\pi)^n}\,\mathrm{S}_{\mathrm{DE}}\,e^{\alpha_1(\xi_1-x_1)i}\ldots e^{\alpha_n(\xi_n-x_n)i}(i\alpha_1)^\lambda(i\alpha_2)^\mu\ldots(i\alpha_n)^\nu f(\xi_1,\xi_2,\ldots,\xi_n)\,de,$$

ce qui n'aura pas de sens; mais cela n'empêche pas que la dérivée

$$\frac{\partial^{\lambda+\mu+\ldots+\nu}}{\partial x_1^\lambda\,\partial x_2^\mu\ldots\partial x_n^\nu}\mathrm{I}(k)$$

([1]) Voir, par exemple, JORDAN, *Cours d'Analyse*, t. II, 1894, p. 81, etc.

([2]) Voir mon Mémoire cité dans la Note dernière, théorème 6.

([3]) *Loc. cit.*, théorème 5 et p. 18.

peut tendre vers une limite déterminée quand k tend vers zéro par valeurs positives. En effet, j'ai démontré que si, par exemple, la fonction $f(\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n)$ est une fonction *analytique* de $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$ régulière au point $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, alors on aura, si ce point est à l'intérieur de E,

$$\lim_{k=0} \frac{\partial^{\lambda+\mu+\ldots+\nu}}{\partial x_1^\lambda \, \partial x_2^\mu \ldots \partial x_n^\nu} \mathrm{I}(k) = g(x_1, x_2, \ldots, x_n),$$

où $g(\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n)$ désigne la dérivée

$$\frac{\partial^{\lambda+\mu+\ldots+\nu}}{\partial \xi_1^\lambda \, \partial \xi_2^\mu \ldots \partial \xi_n^\nu} f(\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n). \text{ »}$$

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le rôle des noyaux métalliques des bobines.* Note de M. B. Eginitis, présentée par M. J. Violle.

« La sensibilité de l'échauffement des pôles aux variations de la self-induction du circuit de décharge nous a servi à étudier l'influence des noyaux métalliques des bobines de self-induction. Les expériences ont été faites en opérant sur des étincelles consécutives.

» Nous avons étudié l'influence du fer, du laiton et du cuivre. D'après nos expériences, cette influence varie avec la valeur de la self-induction de la bobine, la nature et le diamètre des noyaux, la nature des pôles, la distance explosive, etc.

» Les résultats de cette étude sont les suivants [1] :

» 1. *L'influence d'un noyau dépend de la forme de la bobine.* — Deux bobines ayant la même self-induction, dont l'une est construite en longueur et l'autre en épaisseur, donnent des résultats différents. Avec une bobine longue, l'effet d'un noyau est *plus grand* qu'avec une bobine courte.

» 2. *Deux noyaux de mêmes dimensions, mais dont l'un est creux et l'autre plein, n'ont pas le même effet sur la décharge.* — Ainsi, deux noyaux de fer de 18^{mm} de diamètre, dont l'un est creux et l'autre plein, introduits dans une bobine, n'ont pas donné les mêmes résultats.

» 3. *L'action d'un noyau diminue quand la self-induction augmente, et augmente quand son diamètre augmente* (au moins jusqu'à une certaine limite).

» 4. *Un noyau peut n'avoir aucune influence.* — Ainsi, un noyau de laiton de

---

(1) Quelques-uns de ces résultats ont été publiés l'année passée dans les *Comptes rendus* et dans un journal hellénique.

20^{mm} de diamètre, ou de cuivre de 40^{mm} de diamètre, introduits dans une bobine de 0,0006 henry, n'ont aucune influence.

» 5. *L'action d'un noyau dépend de la température des pôles, de leur nature et de la distance explosive.* — Nous citerons seulement, comme exemple, la destruction de l'effet d'un noyau par l'augmentation artificielle de la température initiale des pôles.

» 6. *Un noyau de fer a une action plus forte qu'un noyau de laiton, dont l'action est elle-même plus forte que celle d'un noyau de cuivre.* »

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la constitution de l'acide phospho-organique de réserve des plantes vertes et sur le premier produit de réduction du gaz carbonique dans l'acte de l'assimilation chlorophyllienne.* Note de M. S. **Posternak**, présentée par M. Armand Gautier.

« Nous avons montré [1] que la composition de l'acide phospho-organique de réserve, déposé dans les graines, tubercules, rhizomes, etc., correspond à la formule $C^2H^8P^2O^9$, dont quatre atomes d'hydrogène sont susceptibles d'être remplacés par des métaux monovalents.

» La constatation suivante domine toutes les autres au point de vue de la constitution de ce corps : chauffé avec les acides minéraux étendus, il *est décomposé quantitativement* en *inosite* et en *acide phosphorique*.

» $16^g,26$ d'acide phospho-organique ont été soumis à l'action de 60^{cm^3} d'acide sulfurique au tiers, et chauffés à 150°-160°, pendant 3 heures. Après refroidissement, on a isolé du contenu du tube $4^g,01$ d'inosite cristallisée pure, pesée anhydre. Elle représentait 97,8 pour 100 du carbone total de l'acide décomposé.

» De saveur douce, cette inosite n'agit pas sur la lumière polarisée et donne les réactions de Scherer et de Gallois. Elle fond à 218° (n. c.); elle cristallise avec 2^{mol} d'eau. Elle répond à la formule $C^6H^{12}O^6$. Les mesures cristallographiques, que je dois à l'obligeance de M. Wyrouboff, ne laissent aucun doute sur son identité avec l'inosite inactive isolée par Scherer du tissu musculaire, et par Vohl, Gintl, Tanret, etc., des feuilles et d'autres produits végétaux.

» A première vue, on serait enclin à admettre que cet acide phospho-organique présente la structure chimique de l'éther hexaphosphorique de l'inosite. Cette supposition doit être écartée.

» Une première objection résulte de la composition centésimale de notre acide qui se montre plus riche en eau que l'éther en question dont la formule s'écrirait $(CH^3PO^4)^6$.

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXVII, p. 337.

Notre composé phospho-organique présente, en outre, une résistance absolue, même à 100°, à l'action de tous les alcalis, quelle que soit leur concentration, ce qui ne saurait être dans l'hypothèse d'un éther. Enfin, l'étude cryoscopique des solutions aqueuses de l'acide pur a fourni des nombres confirmant bien notre formule.

Provenance de l'acide.	Concentration en grammes d'acide pour 100g d'eau.	Abaissement du point de congélation.	Poids moléculaire trouvé.
Graines de sapin rouge	1,64	0,177	171
»	3,28	0,345	177
Graines de colza	3,29	0,335	181
»	6,02	0,650	185
Graines de chènevis........	5,08	0,508	185

» Le calcul, pour la formule $C^2H^8P^2O^9$, donne 238. L'écart est dû à la dissociation électrolytique de la substance dissoute et se rapproche de celui observé par M. Raoult pour l'acide phosphoreux. Le poids moléculaire de l'éther inositophosphorique serait de 660.

» La décomposition subie par l'acide phospho-organique sous l'influence des acides minéraux doit donc être exprimée par l'équation

$$3C^2H^8P^2O^9 + 3H^2O = \underset{\text{Inosite.}}{(CH.OH)^6} + 6H^3PO^4,$$

d'où il ressort que chaque molécule d'acide contribue à la synthèse de l'inosite par le groupement $\begin{matrix} CH.OH - \\ | \\ CH.OH - \end{matrix}$. Dès lors, en tenant compte de la tétrabasicité de l'acide et en éliminant l'hypothèse de l'union directe du phosphore au carbone — auquel cas, comme on le voit par l'exemple des acides oxyphosphiniques, la décomposition par les acides minéraux serait impossible — on peut se représenter la constitution du corps étudié de deux façons différentes :

$$\text{ou}\quad \begin{matrix} CH.OH - O.P\begin{matrix}\diagup (OH)^2 \\ \diagdown \end{matrix} \\ | \qquad\qquad\quad | \;\; O \\ CH.OH - O.P\begin{matrix}\diagup \\ \diagdown (OH)^2\end{matrix} \end{matrix} ,\qquad \text{ou}\quad O\begin{matrix} \diagup CH(H) - O.PO(OH)^2 \\ \diagdown CH(H) - O.PO(OH)^2 \end{matrix}.$$

» La première de ces formules suppose l'existence de deux oxhydriles à fonction alcoolique qu'il a été impossible de déceler par un traitement répété de l'acide avec du chlorure de benzoyle en milieu alcalin. Il ne reste donc que la deuxième formule qui est celle d'un acide *anhydro-oxy-méthylène-diphosphorique*.

» Cette formule de constitution offre un grand intérêt au point de vue de l'assimilation chlorophyllienne.

» Les expériences de Schimper [1] ont montré que la transformation des phosphates minéraux dans les feuilles en molécules organiques phosphorées est subordonnée au bon fonctionnement de l'appareil chlorophyllien. On sait, d'autre part, que les produits de phosphosynthèse sont transportés, au fur et à mesure de leur formation, vers les cellules parenchymateuses et embryonnaires de la plante, et vers les lieux de dépôt des matières de réserve. On en conclura que le groupement organique associé à l'acide phosphorique dans notre composé est né *pendant l'acte même* de la réduction chlorophyllienne du gaz carbonique.

» Ce groupement n'est autre que l'éther d'un *isomère* alcoolique CH.OH de l'aldéhyde formique, COH^2.

» Cet isomère, à en juger par les résultats de la décomposition de l'acide étudié, n'est pas capable d'exister à l'état isolé. Il donne naissance à l'inosite en se sextuplant, comme l'oxyde de carbone réduit par le potassium se condense en hexaphénol.

» Normalement, l'alcool CH.OH formé dans les feuilles est utilisé par les chloroplastes, au moment même de sa production, pour la synthèse de sucres et hydrates de carbone, de l'acide anhydro-oxyméthylène-diphosphorique, des albuminoïdes, etc. Si, pour une cause quelconque, cette utilisation ne peut avoir lieu, il y a formation d'inosite que l'on a retrouvée, en effet, presque exclusivement dans les parties vertes de la plante.

» La production, par oxydation de l'inosite, de l'hexaphénol (*Maquenne*) obtenu déjà à partir de l'oxyde de carbone (*Lerch*), peut être considérée comme une démonstration de la parenté de l'inosite avec l'acide carbonique, dont elle dérive par simple réduction. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'équation générale des courbes de fatigue.* Note de M. Charles Henry et de Mlle J. Joteyko.

« En faisant passer des courbes de sentiment par les sommets successifs des ordonnées des ergogrammes, on obtient, comme courbes de fatigue, parfois des droites, mais, d'ordinaire, des courbes qui présentent souvent un point d'inflexion, très rarement deux, quelquefois aucun. Si nous cherchons une relation entre l'effort à chaque instant et le temps, nous trouvons pour l'équation de 13 ergogrammes, choisis parmi les plus caracté-

---

(1) *Botanische Zeitung*, 1888, p. 65.

ristiques, dans une série déjà étudiée (*Comptes rendus*, 30 mars 1903), une relation du troisième degré

$$(1)\qquad \eta = \mathrm{H} - at^3 + bt^2 - ct,$$

η étant l'effort à chaque instant, H l'effort maximum initial (en millimètres), t le temps (unité = 2 secondes).

» Voici les constantes de ces ergogrammes, suivies de l'écart moyen ε entre la courbe calculée et la courbe observée :

Sujets.	H.	*a.*	*b.*	*c.*	ε.
S_1.....	64	0,001309	0,1247	4,06	1,33
S_2.....	59	0,002433	0,1826	4,72	1,05
S_3.....	43	0,002285	0,1511	3,36	−0,386
D_1....	77	0,000933	0,0823	2,96	1,48
D_2....	58	0,00362	0,1736	3,77	0,7
D_3....	52	0,00487	0,1833	3,47	0,2
D_4....	46	0,00247	0,0822	2,13	0,4
D_5....	43	0,01266	0,3743	4,06	0,1
K_1.....	65	0,005336	0,2734	4,73	1,53
K_2.....	57	0,00228	0,112	3	0,9
K_3.....	56	0,00156	0,0778	2,06	1,3
K_4.....	45	0,0015	0,045	1,50	0,3
K_5.....	44	0,007003	0,2253	3,02	0,44

» On voit que H diminue, a augmente avec la fatigue : b et c sont plus capricieux, en attendant qu'ils se régularisent par le jeu des moyennes sur un grand nombre d'ergogrammes.

» Il est généralement admis que le muscle ne consomme pas, dans les contractions initiales, les mêmes substances que dans les contractions finales : normalement, il consomme des hydrates de carbone et très peu d'albuminoïdes; ce n'est que dans la fatigue qu'il consomme notablement ces dernières, d'où production de déchets azotés très toxiques. Cette remarque suggère une interprétation de la constante négative a, laquelle étant très petite caractérise bien la perte de puissance, très petite au bout du temps 1, due à l'intoxication locale par ces toxines; en même temps, cette perte de puissance grandit très vite avec le temps, et c'est bien le cas du terme en at^3.

» Quand a et b sont nuls, la courbe est une droite. On rencontre une droite pour courbe de fatigue quand on excite électriquement les muscles de l'homme; or, dans ces cas, la fatigue est toujours relativement faible, car l'application des courants faradiques est très douloureuse et l'on n'emploie que des poids beaucoup plus légers que lors de l'excitation volontaire. Quand, au myographe, le poids est soutenu par un support, les tracés des muscles isolés de la grenouille sont des droites : ce qui n'arrive plus quand le travail statique vient s'ajouter au travail dynamique (Kronecker). Comme dans le cas des faibles fatigues, ce sont les hydrocarbonés seuls qui sont

consommés, nous devons considérer la constante c comme proportionnelle à la perte de puissance due à la diminution des réserves disponibles d'hydrates de carbone.

» Au nombre des causes qui peuvent lutter contre la fatigue, on aperçoit l'action des centres nerveux et l'excitation de la cellule motrice par les toxines très diluées. Mosso a montré, avec le ponomètre, que l'effort nerveux nécessaire pour produire la contraction grandit quand le nombre des contractions grandit. On sait, d'autre part, qu'un grand nombre de poisons, quand ils sont très dilués, excitent, au lieu de tuer, la cellule vivante. On est donc conduit à voir, dans la constante positive b, une mesure de l'action nerveuse et de l'excitation par les toxines diluées.

» Il est d'ailleurs possible de vérifier cette conséquence. L'alcool, *en général,* excite les centres nerveux et par là le muscle. Or, si l'on compare les équations d'ergogrammes tracés avant et après ingestion d'alcool, on constate que dans ceux-ci la constante b augmente, en général ([1]), a diminuant toujours. Exemples :

Ergogrammes normaux.						Ergogrammes après alcool ([2]).					
Sujets.	H.	*a*.	*b*.	*c*.	ε.	Sujets.	H.	*a*.	*b*.	*c*.	ε.
R....	29	0,006667	0	0,433	0,1	R....	32	0,0049	0,1195	1,205	0,4
R....	31	0,02643	0,3364	2,021	0,2	R....	33	0,00206	0,076	1,354	0,2
J. J..	28,5	0,005994	0,1699	2,7	0,1	J. J..	27	0,00288	0,1786	3,384	0,3
J. J..	33,5	0,0107	0,0294	0,385	0,5	J. J..	36,5	0,0042	0,1791	3,226	0,5

» Dans des cas de fatigue faible, la constante a peut être positive, quoique très petite : elle marque sans doute l'excitation par une classe particulière de toxines dans le cas suivant d'une courbe de fatigue de muscles de grenouille excités électriquement *avec quelques repos,* dont l'équation est ($\varepsilon = 0,4$) :

$$\eta = 20 + 0,000001335\, t^3 + 0,0002997\, t^2 - 0,20845\, t.$$

» En résumé, l'équation générale des courbes de fatigue est de la forme

$$\eta = \mathrm{H} \pm at^3 + bt^2 - ct;$$

dans des cas très rares elle atteint le quatrième degré.

» On peut facilement déduire de l'équation (1) la relation de l'effort moyen $\frac{\eta_0 + \eta_1 + \eta_2 + \ldots + \eta_t}{t+1}$ (*quotient de fatigue* de Joteyko) avec le temps.

» En intégrant, on trouve, pour ce quotient Q :

$$\mathrm{Q} = \frac{1}{t}\int_0^t \eta\, dt = \mathrm{H} - \frac{1}{4} at^3 + \frac{1}{3} bt^2 - \frac{1}{2} ct.$$

([1]) La constante b étant la somme de deux termes, le terme marquant l'excitation centrale peut augmenter toujours, b diminuant parfois.

([2]) Les tracés ont été pris respectivement $1^h 20^m$, 1^h, $1^h 20^m$ et 30^m après l'ingestion.

» L'aire de l'ergogramme n'est malheureusement encore qu'une mesure très imparfaite de la puissance dépensée. »

La séance est levée à 3 heures trois quarts.

M. B.

ERRATA.

(Séance du 27 juillet 1903.)

Note de M. *Andrade,* Sur les conditions de la synchronisation :

Page 244, lignes 7 et 8, *supprimer le facteur* 2 dans les définitions de λ et μ.

Même page, équations (3), *au lieu de* $\int_{t_0}^{t_0+2\pi}$, *lisez* $\int_{t_0}^{t_0+\frac{2\pi}{K'}}$.

Page 245, dans l'inégalité (6) *au lieu de* $\Omega(\overline{\rho_0})$, *lisez* $|\Omega(\overline{\rho_0})|$.

Page 246, ligne 4, *au lieu de* impression, *lisez* impulsion.

Même page, ligne 5, *au lieu de* $o = z$, *lisez* $o = r$.

Note de M. *Moureu,* Sur la condensation des éthers acétyléniques avec les alcools :

Page 259, ligne 9 en remontant, *au lieu de* sous l'influence des alcalis à l'ébullition, *lisez* sous l'influence des alcalis en solution alcoolique à l'ébullition.